



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 56 545.7

Anmeldetag: 04. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: HILTI Aktiengesellschaft,
Schaan/LI

Bezeichnung: Ladeverfahren für Akkumulatoren-
packs

IPC: H 01 M, H 02 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 08. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Wehner

Hilti Aktiengesellschaft in Schaan
Fürstentum Liechtenstein

5

Ladeverfahren für Akkumulatorenpacks

Die Erfindung bezeichnet ein Ladeverfahren für Akkumulatorenpacks, insbesondere für NiCd- und NiMH-Akkupacks für Elektrohandwerkzeugmaschinen.

10

Insbesondere NiCd- und NiMH-Akkupacks für Elektrohandwerkzeugmaschinen müssen in kurzer Zeit nachgeladen werden können, um im Wechsel mit einem weiteren Akkupacks eine quasikontinuierliche Nutzung der Elektrohandwerkzeugmaschine zu ermöglichen. Um dennoch eine hinreichende Lebensdauer der NiCd-Akkupacks zu erzielen, müssen akkuspezifische Grenzwerte insbesondere die Temperatur beim Laden berücksichtigt werden. Zugeordnete Ladegeräte überwachen üblicherweise die Temperatur des Akkupacks über einen im Akkupack angeordneten Temperatursensor.

15

Akkupacks bestehen aus einer Vielzahl, zumindest teilweise in Reihe miteinander verschalteter Zellen. Somit fließt sowohl bei der Nutzung als auch beim Laden durch alle diese Zellen der selbe Strom. Die nutzbare Kapazität eines Akkupacks wird somit durch die Kapazität der schwächsten Zelle bestimmt, welche dadurch auch die Lebensdauer des Akkupacks beschränkt. Zur gezielten Erhöhung der Kapazität insbesondere der schwächsten Zelle sollte der Akkupack regelmässig in einem Refreshzyklus regeneriert werden. Derartige Refreshzyklen bestehen üblicherweise aus einzelnen Refreshladezyklen und optionalen Refreshentladezyklen mit einer bezüglich des Ladezyklus vergleichsweise geringen Stromstärke unterhalb 50%.

20

25

Nach der EP450783 erfolgt abhängig vom Ladezustand eines Akkus ein, automatisch vom Mikrocontroller im Verbraucher zuschaltbarer, dem Laden mit ca. 700mA nachfolgender Refreshzyklus mit ca. 100mA. Nach der US6191554 erfolgt bei einem manuell zuschaltbaren, vorgeschalteten Refreshzyklus ein doppeltes Laden/Entladen des NiCd-Akkus sowie ein update des im Akku angeordneten Datenspeichers.

30

Nach der US6154008 erfolgt bei NiCd-Akkupacks für Elektrohandwerkzeugmaschinen nach einem bezüglich 55°C temperaturkontrolliertem Laden von ca. 2h in einem nachfolgenden, über einen Refreshschalter manuell zuschaltbaren, Refreshzyklus über einen Zeitraum von 4 bis 8h bei einem kleinen Refreshstrom ein Überladen. Gerade im rauen Baugewerbe

werden bei einem manuell wählbaren Refreshzyklus oftmals wesentlich zu oft oder zu wenig ein Refresh durchgeführt, wodurch die mögliche Lebensdauer der Akkupacks nicht erreicht wird. Zudem beansprucht der Refreshzyklus zu viel Zeit, um eine quasikontinuierliche Nutzung im Wechsel zu ermöglichen.

- 5 Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Realisierung eines Ladeverfahrens für einen Akkupack mit bei kurzen Ladezeiten hinreichender Lebensdauer.

Die Aufgabe wird im Wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 10 Im Wesentlichen wird in einem Ladeverfahren für einen Akkupack jede der zumindest zwei in Reihe verschalteten Zellen in einem Ladezyklus über einen Ladezeitraum mit einem effektiven Ladestrom durchflossen und in einem zumindest gelegentlich nachfolgenden Refreshzyklus über einen Refreshladezyklus mit einem niedrigeren effektiven Refreshstrom durchflossen, wobei der Refreshzyklus nach einer Periode in einer Anzahl der Ladezyklen nachfolgt, vorteilhaft nach einer vorbestimmten Periode von 50 Ladezyklen.

- 15 Durch den periodisch in einer Anzahl der Ladezyklen nachfolgenden Refreshzyklus erfolgt die, für eine hinreichende Lebensdauer bei kurzen Ladezeiten notwendige, Überladung mit einer vorbestimmten Überladekapazität zur Regenerierung der schwächsten Zelle nutzerunabhängig.

- 20 Vorteilhaft wird die Anzahl der Ladezyklen, weiter vorteilhaft zusätzlich der vollständige Abschluss des letzten Refreshzyklus, in einem im Akkupack angeordneten und von einem zugeordneten Ladegerät schreibbaren sowie lesbaren Datenspeicher gespeichert, wodurch der Akkupack sein Regenerierungsstatus selbst beinhaltet.

- 25 Vorteilhaft ist der effektive Refreshstrom betragsweise mindestens der halbe einstündige Ladestrom, wodurch bei der Überladung mit einer vorbestimmten Überladekapazität die mit üblichen kleinem effektiven Refreshstrom unnötig langen Refreshzeiten vermieden werden. In Versuchen konnte der für eine hinreichende Lebensdauer gegenüber dem effektiven Refreshstrom dominierende Parameter der Überladekapazität nachgewiesen werden.

Vorteilhaft beträgt der effektive Refreshstrom mindestens Akkunennkapazität / 4h, weiter vorteilhaft Akkunennkapazität/2h, wodurch eine Überladung in kurzer Zeit erfolgen kann.

Vorteilhaft beträgt die Refreshzeit mindestens 20 min und höchstens $0.4 \cdot \text{Akkunennkapazität} / \text{Refreshstrom}$, weiter vorteilhaft $0.2 \cdot \text{Akkunennkapazität} / \text{Refreshstrom}$, wodurch eine mindestens 10%ige Überladekapazität erzielt wird.

5 Vorteilhaft wird während des Ladezyklus und/oder während des Refreshzyklus die über einen Sensor gemessene Temperatur des Akkupacks von einem Steuermittel überwacht und bei Überschreitung einer Grenztemperatur der effektive Strom vermindert oder unterbrochen, wodurch eine Schädigung der Zellen vermieden wird.

10 Vorteilhaft beginnt der Refreshzyklus erst nach Unterschreiten einer Refreshstarttemperatur, weiter vorteilhaft von 60°C , wodurch ein im Ladezeitraum überhitzter Akkupack zuvor abkühlen kann.

Vorteilhaft sind innerhalb des Refreshzyklus mindestens zwei, weiter vorteilhaft genau drei, zeitlich beabstandete Refreshladezyklen vorhanden, zwischen denen der Akkupack abkühlen kann.

15 Vorteilhaft wird zumindest ein Refreshladezyklus beim Erreichen einer Refreshmaxtemperatur, weiter vorteilhaft von 60°C , vorzeitig abgebrochen, wodurch die Refreshzeit verkürzt wird.

Vorteilhaft beginnt ein optionaler weiterer Refreshladezyklus beim Unterschreiten einer Refreshmintemperatur, weiter vorteilhaft von 50°C , wodurch die Abfolge der Refreshladezyklen temperaturgesteuert erfolgt.

20 Vorteilhaft wird der Refreshzyklus in Abhängigkeit von im Datenspeicher des Akkupacks gespeicherten Daten automatisch gestartet, wodurch dieser unabhängig von der Sorgfalt und der subjektiven Einschätzung des Nutzers im objektiven Bedarfsfall aktiviert wird.

Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit einem Flow Chart des Ladeverfahrens.

25 Nach dem Flow Chart wird in einem Ladeverfahren für einen nicht dargestellten Akkupack in einem Ladezyklus 1 über einen Ladezeitraum mit einem effektiven Ladestrom I_{Charge} durchflossen und in einem zumindest gelegentlich nachfolgenden Refreshzyklus 2 über einen Refreshladezyklus t_{refresh} mit einem niedrigeren effektiven Refreshstrom I_{refresh} durchflossen, wobei der Refreshzyklus 2 nach einer Periode K in der Anzahl M von
30 Ladezyklen 1 nachfolgt. In einem im Akkupack angeordneten und von einem zugeordneten

Ladegerät schreibbaren sowie lesbaren, nicht dargestellten Datenspeicher, in welchem zudem weitere Kennwerte wie Ladestrom I_{Charge} , Nennkapazität C_{nominal} , etc. gespeichert sind, wird die Anzahl M der Ladezyklen 1, die Periode K sowie zusätzlich ein Flag F für den vollständigen Abschluss des letzten Refreshzyklus 2 am Beginn 3 des Ladezyklus 1 gelesen

5 bzw. am Ende des Ladezyklus 1 bzw. Refreshzyklus 2 entsprechend geändert gespeichert. Der effektive Refreshstrom I_{refresh} ist betragsweise der halbe effektive Ladestrom I_{Charge} und beträgt Akkunennkapazität $C_{\text{nominal}} / 2h$. Die Refreshzeit t_{refresh} beträgt $0.2 * \text{Akkunennkapazität } C_{\text{nominal}} / \text{Refreshstrom } I_{\text{refresh}}$. Während des Ladezyklus 1 wird in der Ladekontrollschleife 4 die über einen nicht dargestellten Sensor gemessene Temperatur

10 T_{akku} des Akkupacks von einem nicht dargestellten Mikrocontroller als Steuermittel überwacht und bei Überschreitung einer Grenztemperatur von 65°C oder einer Grenzladezeit von $2h$ der effektive Ladestrom I_{Charge} unterbrochen. Zuerst wird im Refreshzyklus 2 in der Refreshstartkontrollschleife 5 ein Unterschreiten einer Refreshstarttemperatur von 60°C abgewartet. Dann erfolgen gesteuert durch den Zähler N genau drei Durchläufe zeitlich

15 beabstandeter Refreshladezyklen 6, welcher durch die Referenzladekontrollschleife 7 beim Erreichen einer Refreshmaxtemperatur von 60°C oder dem Refreshladezyklus t_{refresh} vorzeitig abgebrochen werden. Ein optionaler weiterer Durchlauf beginnt erst beim Unterschreiten einer Refreshmintemperatur von 50°C in der Abkühlkontrollschleife 8. Nach Beendigung des Refreshzyklus 2 schliesst sich eine zeitlich unbeschränkte Selbstentladungskompensation 9

20 mit einem minimalen Erhaltungsstrom an.

PATENTANSPRÜCHE

1. Ladeverfahren für einen Akkupack, wobei jede der zumindest zwei in Reihe verschalteten Zellen in einem Ladezyklus (1) über einen Ladezeitraum mit einem effektiven Ladestrom (I_{Charge}) durchflossen und in einem zumindest gelegentlich nachfolgenden Refreshzyklus (2) über einen Refreshladezyklus (6) mit einem niedrigeren effektiven Refreshstrom (I_{refresh}) durchflossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Refreshzyklus (2) nach einer Periode (K) in einer Anzahl (M) der Ladezyklen (1) nachfolgt.
2. Ladeverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Ladezyklus (1) die Anzahl (M) der Ladezyklen (1), optional zusätzlich ein Flag (F) für den vollständigen Abschluss des letzten Refreshzyklus (2), in einem, im Akkupack angeordneten und von einem zugeordneten Ladegerät schreibbaren sowie lesbaren, Datenspeicher gespeichert wird.
3. Ladeverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Refreshzyklus (2) der effektive Refreshstrom (I_{refresh}) mindestens Akkunennkapazität (C_{nominal}) / 4h, optional mindestens Akkunennkapazität (C_{nominal}) / 2h beträgt.
4. Ladeverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Refreshzyklus (2) die Refreshzeit (t_{refresh}) mindestens 20 min und höchstens $0.4 \cdot \text{Akkunennkapazität } (C_{\text{nominal}}) / \text{Refreshstrom } (I_{\text{refresh}})$, optional höchstens $0.2 \cdot \text{Akkunennkapazität } (C_{\text{nominal}}) / \text{Refreshstrom } (I_{\text{refresh}})$ beträgt.
5. Ladeverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des Ladezyklus (1) und/oder während des Refreshzyklus (2) die über einen Sensor gemessene Temperatur des Akkupacks (T_{akku}) von einem Steuermittel überwacht und bei Überschreitung einer Grenztemperatur der effektive Strom vermindert oder unterbrochen wird.
6. Ladeverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Refreshzyklus (2) erst nach Unterschreiten einer Refreshstarttemperatur, optional von 60°C beginnt.
7. Ladeverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Refreshzyklus (2) mindestens zwei, optional genau drei, zeitlich beabstandete Refreshladezyklen (6) vorhanden sind.

8. Ladeverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Refreshladezyklus (6) beim Erreichen einer Refreshmaxtemperatur, optional von 60°C, vorzeitig abgebrochen wird.

5 9. Ladeverfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Refreshladezyklus (6) beim Unterschreiten einer Refreshmintemperatur, optional von 50°C beginnt.

10. Ladeverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Refreshzyklus (2) in Abhängigkeit von im Datenspeicher des Akkupacks gespeicherten Daten (M, F, K, C_{nominal} , I_{charge}) automatisch gestartet wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein Ladeverfahren für einen Akkupack, wobei jede der zumindest zwei in Reihe verschalteten Zellen in einem Ladezyklus (1) über einen Ladezeitraum mit einem effektiven Ladestrom (I_{charge}) durchflossen und in einem zumindest gelegentlich nachfolgenden Refreshzyklus (2) über einen Refreshladezyklus (6) mit einem niedrigeren effektiven Refreshstrom (I_{refresh}) durchflossen wird, wobei der Refreshzyklus (2) nach einer Periode (K) in einer Anzahl (M) der Ladezyklen (1) nachfolgt.



